

УДК 621.382:610.018

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА НА ДВИЖУЩИЙСЯ ОБЪЕКТ**Репин Д.С., Дегтярев Н.В., Петухов И.В.***Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, e-mail: info@marstu.net.*

Время реакции человека на движущийся объект (РДО) является одним из зрительно-моторных тестов, позволяющих оценить способность человека к восприятию временных и пространственных характеристик объекта. Разработан микропроцессорный комплекс, позволяющий автоматизировать процесс измерений и осуществлять их в полевых условиях. Микропроцессорный комплекс представляет собой портативное носимое вычислительное мультиплатформенное устройство, обладает высокой точностью, низким энергопотреблением, «гибкостью» архитектуры.

Ключевые слова: время реакции человека, человек-оператор, микропроцессорный комплекс, реакция на движущийся объект, linux, xenomai

MICROPROCESSOR COMPLEX OF EVALUATING HUMAN REACTION TIME TO A MOVING OBJECT**Repin D.S., Degtiarev N.V., Petukhov I.V.***Mari state technical university, Yoshkar-Ola, e-mail: info@marstu.net.*

Human response to a moving object (RMO) is a visual-motor test to assess a person's ability to perceive the temporal and spatial characteristics of the object. Microprocessor complex, which automates the measurement process and implements it in the operation testing, was developed. Microprocessor complex is a handheld multiplatform portable computing device with high accuracy, low power consumption and flexible architecture.

Keywords: human reaction time, human operator, the microprocessor complex, the reaction to a moving object, linux, xenomai

В современном мире роль информационных технологий, средств обработки, передачи, накопления информации неизмеримо возросла. Средства информатики и вычислительной техники сейчас во многом определяют научно-технический потенциал страны, уровень развития ее народного хозяйства, образ жизни и деятельности человека.

Одним из важнейших свойств информации является ее обработка – преобразование информации согласно ее целевой функции. В настоящее время значительная часть рутинных операций по обработке информации переложена на компьютеры, которые используются для обработки не только числовой, но и других видов информации. Благодаря этому информатика и вычислительная техника прочно вошли в жизнь современного человека, широко применяются в быту, производстве, проектно-конструкторских работах, бизнесе и многих других отраслях.

В то же время существует значительный класс задач, в которых автоматическая обработка данных затруднительна или невозможна. В этом случае используются автоматизированные системы, неотъемлемым звеном которых является человек-оператор, определяющий цель функционирования системы и способ ее достижения.

Очевидно, что в этом случае, для обеспечения надежности работы всей системы повышенные требования предъявляются к способности по обработке информации

оператором. Способность мысленного манипулирования зрительно-пространственными образами, решения задач пространственной ориентации подвижных объектов, прогнозирования и экстраполяции являются профессионально-важными качествами (ПВК), необходимыми для широкого класса операторских профессий. Исследование этих качеств лежит в основе оценки профессиональной пригодности и профессиональной ориентации.

Целью работы является разработка технических средств для оценки способности человека к мысленному манипулированию зрительно-пространственными образами, решению задач пространственной локализации подвижных объектов, прогнозирования и экстраполяции.

Теоретический анализ. Одним из наиболее широко известных способов исследования ПВК является метод оценки времени реакции человека на движущийся объект (РДО).

Суть метода РДО заключается в определении точки встречи движущегося объекта с неподвижной точкой, заранее указанной в словесной инструкции. Задача испытуемого, пытающегося точно остановить движущийся объект в указанной ему точке, состоит в нахождении некоторой величины упреждения с учетом скорости движения объекта, оставшегося расстояния и своих скоростных возможностей, то есть в решении задачи слежения за целью и прогнозирования [6].

Исследованию РДО посвящены работы Н.И. Карауловой, А.П. Лаптева, В.П. Лисенковой, О.И. Масловой, Н.М. Пейсахова, А.В. Петровского, О.Е. Сурниной, Ю.А. Цагарелли и многих других, используется широкий спектр методических и технических средств оценки РДО, что свидетельствует об интересе к этой проблеме.

Метод оценки времени РДО может использоваться для исследования ПВК пилотов гражданской и военной авиации, водителей автотранспорта, железнодорожного транспорта, авиадиспетчеров, операторов РЛС и других профессий, предполагающих мысленное манипулирование со зрительно-пространственными образами.

Разработан мощный методический аппарат проведения оценки времени РДО, позволяющий, в том числе оценить уровень соотношения процессов возбуждения и торможения в центральной нервной системе человека, способность к точности восприятия временных и пространственных характеристик разнонаправленного движения, способность к прогнозированию и предвидению хода событий. При этом известные способы оценки времени РДО не исключают, а в большей степени дополняют друг друга.

Установлено, что даже незначительные изменения в индивидуальных значениях времени РДО могут свидетельствовать о существенных функциональных перестройках в организме человека, влияющих на качество осуществления профессиональных функций.

Это накладывает повышенные требования к точности определения времени РДО. Кроме того, многообразие методического обеспечения для оценки времени РДО подразумевает многообразие технических средств реализации.

Так, известно исследование времени РДО с использованием электросекундомера типа ПВ-53-Л, одно деление которого равно 0,01 с [7], специального генератора сигналов раздражений, обеспечивающего предъявление испытуемому светящейся движущейся точки с регулируемой яркостью и скоростью перемещения [1], устройства на светодиодных источниках света, в котором движение объекта по окружности осуществляется с использованием эффекта «бегущего огня» посредством последовательного переключения светодиодов [5].

Среди автоматизированных систем наиболее широко известны автоматизированный комплекс «Прогноз», позволяющий оценить уровень функциональной подвижности нервных процессов методом РДО [8], программные варианты теста РДО, реализуемые на персональной ЭВМ [3, 4], психодиагностическая система «PDS» и

многопостовой автономный комплекс психофизиологических обследований «Психофизиолог – М», реализующие при исследовании состояния испытуемых, в частности, тест РДО. При этом в том и в другом случае на экране монитора испытуемому предъявляют стрелку стилизованного секундомера и маркер, служащий точкой останова [2].

Общим недостатком известных технических средств являются их низкие функциональные возможности, низкая точность определения времени РДО, сложность использования. Так, при использовании персональных ЭВМ, точность определения времени РДО зависит от вычислительной мощности и типа операционной системы. При использовании автономных устройств на светодиодных источниках света точность ограничивается дискретизацией переключения светодиодов. Применение различных генераторов приводит к усложнению последующей обработки результатов измерений.

Инструментальное обеспечение исследований. Для устранения указанных противоречий и расширения функциональных возможностей инструментария предложено реализовать большинство известных способов на единой аппаратной платформе.

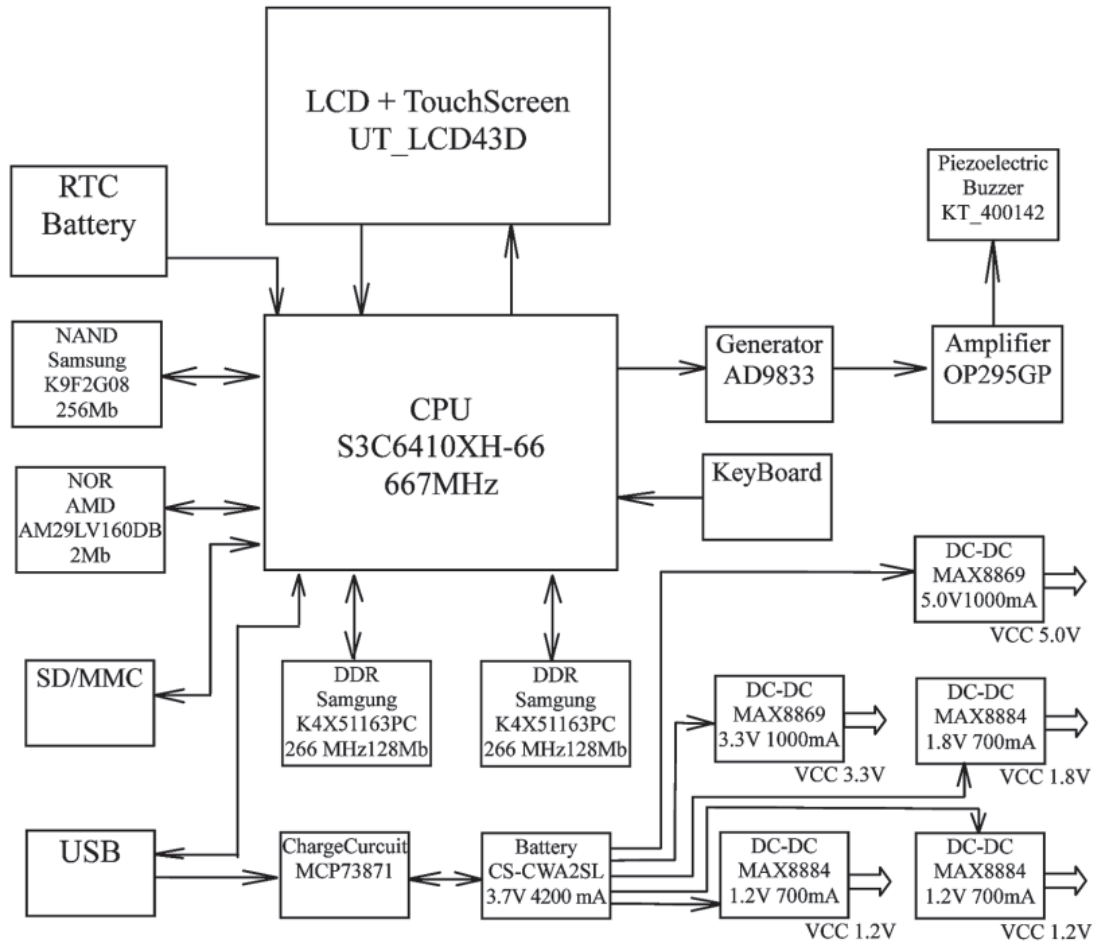
Анализ тестовых изображений, предъявляемых при оценке времени РДО с использованием различных способов, позволил установить, что большинство изображений являются сложными, а перемещение движущегося объекта осуществляется не по прямолинейным траекториям. Кроме того, дискретизация перемещения объекта, влияющая на точность определения времени РДО, зависит от разрешения тестового поля.

Очевидно, что для обеспечения точности измерений необходимо высокое разрешение тестового поля, что делает невозможным использование светодиодных источников света в силу их размеров и технологического зазора между ними при их размещении.

В то же время при использовании стандартных мониторов для предъявления тестовых изображений следует учитывать их инерционность – время отклика, влияющего на динамические характеристики изображения.

Для инструментальной реализации метода РДО разработан микропроцессорный комплекс (МПК), представленный на рисунке.

Разработанный МПК представляет собой портативное носимое вычислительное мультимедийное устройство с микропроцессором Samsung S3C6410, построенным на ядре с ARM11 по RISK архитектуре, функциональный состав модулей которого близок к последним, разработанным в настоящее время, карманным ПК и смартфонам [10].



Структурная схема МПК оценки времени реакции человека на движущийся объект

Разработка приложений на базе выбранного вычислителя осуществляется на базе ПК- совместимых инструментов и методов. Энергопотребление чипа S3C6410 при тактовой частоте 667 МГц невелико, что позволило избежать использования дополнительных теплоотводов и вентиляторов при работе в промышленном диапазоне температур (от -20 до $+70^{\circ}\text{C}$).

Микросхема NOR-флэш Analog Device AM29LV160DB, объемом 2 Мб, является устройством памяти с произвольным доступом, что позволяет получить легкий доступ к каждому отдельному байту. Основным ее преимуществом является непосредственное исполнение кода из флэш-памяти (execute-in-place — XIP).

В разработанном МПК данный тип памяти используется для хранения и выполнения загрузчика, что позволяет ускорить время загрузки устройства [9]. К тому же NOR-память можно непосредственно соединить с хост-процессором, что упрощает проект и уменьшает время разработки. Интерфейс ввода-вывода устройства памяти

NAND со страничной организацией значительно сложнее: под управлением встроенного в чип контроллера процессор за одно обращение считывается или записывается 512 байт.

МПК имеет разъём для чтения карт памяти SD/MMC, которые применяются для хранения базы данных результатов испытаний и дополнительных мультимедийных данных для проведения тестов.

ОЗУ объемом 256 Мб выполнено на двух микросхемах Samsung Mobile DDR K4X51163PC, в которых реализованы энергосберегающие технологии обновления памяти, такие как частичное обновление и температурная компенсация. Напряжение питания, по сравнению с обычными чипами DDR, снижено до 1,8 В, также увеличено количество режимов сниженного энергопотребления, что особенно актуально при питании устройства от аккумуляторной батареи.

Питание МПК осуществляется от литиево-полимерной аккумуляторной батареи 3,7 В емкостью 3700 мАч, заряд кото-

рой управляется контроллером компании Microchip MCP73871. Данное устройство имеет функцию автоматического питания от USB, если активный разъем подключен, и выдерживает скачки тока до 1,8 А, удерживая при этом уровень заряда в 1 А. Контроллер также ограничивает ток заряда на основании перегрева при большой мощности или высокой температуре окружающей среды, что оптимизирует время цикла зарядки при сохранении надежности устройства. MCP73871 содержит интерфейс индикатора заряда, с помощью которого он не только сигнализирует процессору о состоянии аккумуляторной батареи, но и дает возможность отобразить уровень заряда на соответствующие индикаторы состояния устройства.

В данном устройстве присутствует множество микросхем и устройств с различными параметрами энергопотребления. Такая ситуация традиционна для сложных мобильных устройств, состоящих из компонентов различных производителей. Для решения данной проблемы были использованы преобразователи напряжения компании MAXIM. В приборе предусмотрено использование трех преобразователей MAX8884, которые понижают имеющееся напряжение до 1,2 В, 1,2 В и 1,8 В; также используются 2 преобразователя MAX8869 на 3,3 В и 5,0 В. Этого достаточно для комбинации всех видов напряжений для питания имеющихся устройств.

Основным устройством вывода в АПК является TTL монитор AT070TN83 с диодной подсветкой. Он поставляется на плате UT LCD43D со встроенным тачскрином и 40-pin разъемом, обладает линейными размерами 165×104×5,5 мм, углом обзора 120 градусов по горизонтали и общим энергопотреблением в 3,325 Ватт. Минимальное время перерисовки экрана равно 500 нс, что обеспечивает требуемую точность измерения времени РДО. Резистивный тачскрин служит в качестве основного устройства ввода информации.

Дополнительным устройством, расширяющим тестовые возможности МПК для исследования РДО с использованием предупреждающих сигналов, является пьезоэлектрический зуммер КТ 400142 под управлением генератора AD9833 компании AnalogDevices. Данный генератор способен генерировать синусоидальные, пилообразные и прямоугольные сигналы с высокой точностью и управляется программно по трехпроводному интерфейсу непосред-

ственно процессором. Для усиления сигнала до 80 dB использован операционный усилитель OP295GP, поднимающий амплитуду сигнала до значения в 9 В.

Программное обеспечение МПК основано на операционной системе Ubuntu с установленными модулем реального времени линукс-ядра Xenomai и графической оболочкой Gnome.

При обычном режиме работы АПК функционирует в оконном режиме псевдопараллельного выполнения потоков и распределяет процессорное время по запущенным в текущий момент времени процессам. В этом режиме происходит заполнение личных данных, анкетирование, настройка параметров, тестирование, а также последующая индикация результатов и выдача анализа. При выполнении процедуры непосредственного тестирования активируется процесс реального времени, при этом модуль ядра переводит систему в режим вытесняющей многозадачности, и все процессы, кроме запущенного, переключаются в режим ожидания, а запущенному процессу передаются все ресурсы системы, включая аппаратные прерывания.

Этим обеспечивается высокая точность измерений параметров, которая составляет до 1 мс. После прохождения теста в режиме реального времени система вновь переключается в режим псевдопараллельности, где выдаются результаты, анализ данных и происходит ожидание следующего цикла тестов.

Заключение. Разработан новый МПК, позволяющий исследовать способность человека к мысленному манипулированию зрительно-пространственными образами, решению задач пространственной локализации подвижных объектов, прогнозирования и экстраполяции сенсорных систем человека методом РДО. МПК имеет малые массогабаритные характеристики и энергопотребление, отличается высокой точностью и функциональностью.

Основным отличием разработанного МПК от большинства известных инструментальных средств исследования является мобильность и автономность, возможность программного управления, расширения и адаптации к специфическим задачам исследователя.

Приведенные в статье результаты получены при поддержке гранта **РФФИ 10-08-97019-р_поволжье_а** «Развитие теории адаптивного интерфейсного согласования человека с технической системой».

Список литературы

1. Гуртовой Е.С., Боксер О.Я., Васильченко А.Г. К истории создания и применения методов и устройств для психофизиологии: теоретико-прикладные, учебные и экономические вопросы / под ред. Е.С. Гуртового. – Шуя: Изд-во Шуйского пед. ин-та, 1995. – 144 с.
2. Исмаилова О.М. Психофизиологический статус раненых, пациентов с бытовой травмой, психосоматических больных и его значение для оптимизации процесса восстановительного лечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – М., 2007. – 16 с.
3. Корягина Ю.В., Лычак С.А. Временная организация временных и пространственных свойств человека в зависимости от влияния различных факторов / Электронный научный журнал «Исследовано в России». – 2006. С. 2555–2567. – <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/ticles/2006/265.pdf>.
4. Применение тестовых компьютерных систем в диагностике когнитивных нарушений при синдроме дефицита внимания с гиперактивностью у детей школьного возраста / О.И. Маслова, А.В. Горюнова, М.Б. Гурьева и др. // Медицинская техника. – 2005. – № 1. – С. 7–13.
5. Патент 2080091 РФ, А61В5/16, 27.05.1997.
6. Пейсахов Н.М. Закономерности динамики психических явлений. – Казань: КГУ, 1984. – 235 с.
7. Методы и портативная аппаратура для исследования индивидуально-психологических различий человека / Н.М. Пейсахов, А.П. Кашин, Г.Г. Баранов, Р.Г. Вага-

пов; под ред. В.М. Шадрина. – Казань: КГУ, 1976. – 238 с.

8. Тарасова О.Л. Особенности психофизиологической адаптации к учебной деятельности у подростков с различным типом вегетативной регуляции: автореф. дис. ... канд. мед. наук. – Томск, 1998. – 16 с.

9. Benavides T., Treon J., Hulbert J., Chang W. The Enabling of an Execute-In-Place Architecture to Reduce the Embedded System Memory Footprint and Boot Time // Journal of computers. – 2008. – Vol. 3, № 1. – P. 79–89.

10. IDEAA6410 Overview. Boardcon Embedded design. <http://www.armdesigner.com> – Режим доступа: <http://www.armdesigner.com/xsms/html37/uploadfile/20100107194157956.pdf>. – 25.04.2010.

Рецензенты:

Рябов И.В., д.т.н., доцент, профессор кафедры проектирования и производства электронно-вычислительных средств Марийского государственного технического университета, г. Йошкар-Ола;

Леухин А.Н., д.т.н., профессор кафедры информатики и методики обучения информатики Марийского государственного университета, г. Йошкар-Ола.

Работа поступила в редакцию 15.02.2011.